

**Penurunan COD Limbah Cair Tapioka Dengan Teknologi Biofilm
Menggunakan Media Biofilter Susunan *Honeycomb* Potongan Bambu Dan
Penambahan *Effective Microorganism* (EM-4)**

Nurani Ikhlas ^{*)} Sri Sumiyati ^{**)} Endro Sutrisno ^{**)}

ABSTRACT

Household industries activities not only produce products but also production process result . One of them is a waste of tapioca industry. In this study, especially in wastewater treatment tapioca . One of the pollutants contained in the waste content of COD tapioca is high enough. Processing technique that is used in this study is processing technology biofilter biofilms using a honeycomb arrangement of bamboo strips and the addition of EM-4 . The purpose of this study was to determine the effectiveness and efficiency of COD concentration reduction in the use of tapioca processing wastewater biofilms. This research is conducted with the three treatments, the first treatment of wastewater without the tapioca addition EM-4 (control), 1:20 second treatment comparison (comparison of EM-4 one liter in volume tapioca liquid waste 20 liters), and the third comparison 1:40 (comparison of EM-4 one liter in tapioca liquid waste 40 liters). Retention time used was 3 hours, 4 hours, and 5 hours. From the research conducted, showed that the decrease in the concentration of COD reached 79 % of the concentration of 833 ppm by the maximum score but still less optimum.

Keywords : *bamboo strips , honeycomb arrangement , biofilms , and EM – 4*

^{*)} Mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro

^{**)} Dosen Pembimbing Tugas Akhir

I. PENDAHULUAN

Kegiatan industri rumah tangga selain menghasilkan produk juga menghasilkan limbah hasil dari proses produksi. Limbah hasil proses produksi tersebut dapat berupa padatan dan cairan. Salah satu industri rumah tangga yang banyak menghasilkan limbah adalah kegiatan industri tapioka khususnya limbah berupa cairan. Limbah cair tapioka yang belum mengalami pengolahan mempunyai beban pencemaran yang cukup tinggi karena sebagian besar kandungannya adalah bahan organik. Parameter kunci untuk menentukan kualitas

limbah cair adalah dengan mengetahui kandungan pH, BOD, COD, dan TSS limbah tersebut. Limbah cair tapioka mengandung BOD sebesar 300-7500 mg/l, COD 3100-20000 mg/l dan TSS (padatan terlarut) 1500-8500 mg/l (Soeriatmadja, 1984).

Salah satu alternatif pengolahan limbah cair tapioka adalah sistem pengolahan limbah biologis teknologi biofilm menggunakan reaktor biofilter anareob dengan variasi penambahan *Effective Microorganism* (EM-4) yang dapat mempercepat proses biofilm dengan

menggunakan media potongan bambu susunan *honeycomb*. Alasan menggunakan EM-4 adalah mikroorganisme tersebut mudah didapatkan dan cukup efektif untuk pengolahan limbah biologis pada limbah cair. Pemanfaatan bambu untuk media biofilter adalah untuk memanfaatkan potensi lokal yang ada yang masih jarang digunakan untuk media penelitian khususnya penelitian mengenai pengolahan limbah cair.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Tapioka

Adapun karakteristik limbah cair tapioka adalah sebagai berikut (Prayitno, 2008 : 14) :

1. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi di dalam air cukup tinggi, berkisar 1500-5000 mg/l. Padatan tersuspensi ini merupakan suspensi pati yang terendapkan pada pengendapan tingginya kandungan padatan tersuspensi menandakan bahwa proses pengendapan belum sempurna.

2. pH

pH meenytakan intensitas kemasaman atau alkalinitas dari limbah tersebut. Air limbah tapioka yang masih segar mempunyai pH 6-6,5 akan turun menjadi sekitar 4.

3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah sejumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi oleh senyawa oksidator. Kisaran angka COD adalah 7000-30000 mg/l.

4. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk metralisis atau menstabilkan bahan-bahan organik di

dalam air melalui proses oksidasi biologis (biasanya dihitung selama periode 5 hari pada suhu 20 °C semakin ting nilai BOD semakin tinggi tingkat pencemaran air tersebut. Di dalam air limbah tapioka BOD berkisar antara 3000-6000 mg/l.

2.2 Effective Microorganism-4 (EM-4)

EM-4 ditemukan pertama kali oleh Tervo Higa dari Universitas Ryukyus di Jepang. Larutan EM berisi mikroorganisme fermentasi, dan merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. (Setiyani 2000, dalam Lestari 2008 : 4), menerangkan bahwa *effective microorganism* (EM) adalah campuran dari beberapa jenis mikroorganisme baik aerob maupun anaerob yang hidup bersimbiosis satu sama lain secara artifisial. Komposisi mikroorganisme penyusunan EM-4 adalah bakteri asam laktat, ragi, *Actynomicates* dan bakteri fotosintesis.

2.3 Biofilter Anaerob

Sistem biofilter anaerob merupakan pengembangan dari sistem pengolahan limbah anaerob dengan biakan tersuspensi, dimana dengan adanya filter tersebut konsentrasi padatan biologis (biomassa) dalam reaktor dapat dipertahankan. Dengan penahanan padatan biologis ini diperoleh *sludge retention time* (SRT) yang lebih lama meskipun pada aliran limbah cair yang besar (Bal dan Dhagat dalam Husein, 2008)

2.4 Biofilm / Biofilter Tercelup

Biofilm yang dikenal sebagai kumpulan lendir adalah kumpulan komunitas mikroba yang melekat secara bertahap

membentuk endapan di atas permukaan dari operator (pembawa) yang akan mengakibatkan efisiensi limbah (pembawa) akan turun (Bassin., 2012; Derlon., 2013 dalam Hui Huang dkk, 2014 : 2).

Menurut Monroe, 2007 dalam <http://www.esdstorm.com>., Ada 5 tahap pembentukan biofilm yaitu:

1. Pelekatan awal: mikroorganisme melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh fli (rambut halus sel) contohnya pada *P.aeruginosa*.
2. Pelekatan permanen: mikroorganisme melekat dengan bantuan eksopolisakarida (EPS).
3. Maturasi I: proses pematangan biofilm tahap awal.
4. Maturasi II: proses pematangan biofilm tahap akhir, mikroorganisme siap untuk menyebar.
5. Dispersi: Sebagian mikroorganisme akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental laboratoris. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan reaktor *continue* yaitu berupa kolam berbentuk balok dari akuarium yang dipasang pipa untuk mengalirkan air limbah dari reaktor satu ke reaktor yang lainnya. Limbah cair tapioka menjadi bahan baku dalam penelitian ini. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui penurunan kadar COD dengan penambahan EM-4 dan pengaruh variasi waktu tinggal pada efektifitas dan efisiensi pengolahan air limbah tapioka menggunakan teknologi biofilter dengan

menggunakan media biofilter potongan bambu susunan *honeycomb*.

Jangka waktu dalam penelitian ini adalah 4 bulan, dimulai pada bulan Maret sampai bulan Juni 2014 Penelitian dilaksanakan di kampus Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang dan analisis dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Pengambilan sampel air limbah tapioka di Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. Pengambilan media biofilter potongan bambu di Desa Kedungsari RT 01/01 Kecamatan Tayu Kabupaten Pati.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan atau variabel yang mampu dimanipulasi untuk menentukan antara fenomena yang diamati. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi waktu tinggal dan volume limbah pada bak influent dengan penambahan EM-4. Waktu tinggal divariasikan yaitu 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Serta perbandingan untuk penambahan EM-4 dengan air limbah 1:20 dan 1:40 yaitu 1 liter EM-4 untuk 20 liter air limbah tapioka dan 1 liter EM-4 untuk 40 liter air limbah tapioca. Sedangkan untuk variabel terikat adalah parameter COD dan variabel kontrol yaitu pH dan suhu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

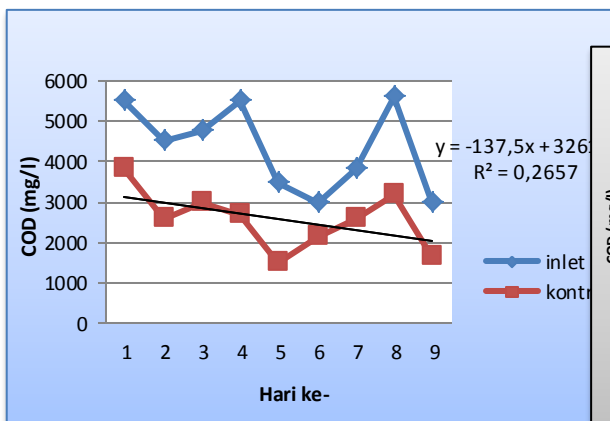
4.1 Seeding-Aklimatisasi

Seeding dan aklimatisasi dilakukan secara bersamaan. Pada penelitian ini terdapat

tiga perlakuan yang berbeda yaitu volume limbah cair dan EM-4 dengan perbandingan 1:40 dan 1:20 yaitu 1 liter EM-4 dalam 40 liter air limbah tapioka dan 1 liter EM-4 dalam 20 liter limbah cair tapioka beserta kontrol (tanpa penambahan EM-4). Pada perlakuan pertama yaitu bak kontrol (R1) yang berarti limbah cair tapioka tanpa penambahan EM-4. Perlakuan kedua yaitu bak volume limbah cair tapioka dengan perbandingan 1:20 (R2), sedangkan untuk perlakuan yang ketiga dengan perbandingan EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40 (R3).

4.1.1 Seeding - Aklimatisasi Reaktor Anaerob dari Bak Kontrol

Kontrol adalah limbah cair tapioka yang tidak ditambahkan dengan EM-4 karena sebagai pembanding dengan perlakuan yang lain. Aklimatisasi dilakukan selama 9 hari dengan waktu tinggal 32 jam dan debit 6 ml/menit. Hasil penurunan COD selama proses aklimatisasi dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1

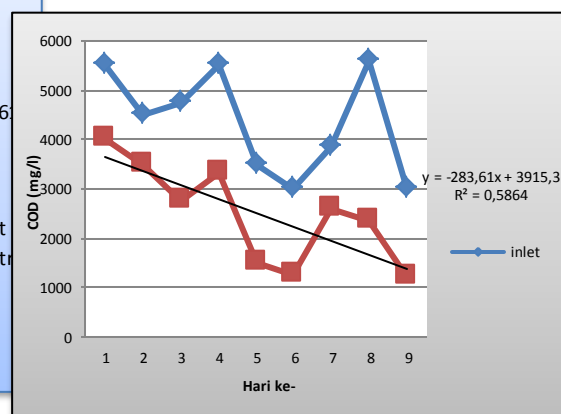
Grafik Penyisihan Konsentrasi COD Bak Kontrol Pengolahan Anaerob

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui pada hari pertama sampai hari keenam

penurunan konsentrasi COD masih belum stabil. Hal ini disebabkan pada awal proses aklimatisasi pertumbuhan mikroba belum optimal dan lapisan biofilm masih tipis (Said dan Herlambang, 2010 : 6).

4.1.2 Seeding-Aklimatisasi Reaktor Anaerob dari Bak Rasio Volume EM-4 dan Limbah Cair Tapioka 1:20

Perlakuan kedua yaitu limbah dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka volume 1:20 cenderung sama dengan bak kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme ada dalam limbah cair tapioka yang bekerja pada bak reaktor anaerob dari bak kontrol bekerja secara alami, sedangkan perlakuan kedua (bak rasio volume 1:20) bahwa mikroorganisme yang ada di dalam EM-4 tidak terlalu berperan aktif dalam proses pengolahan yang terjadi di reaktor anaerob namun masih memberikan pengaruh terhadap peningkatan efisiensi penyisihan COD. Adapun hasil penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut.

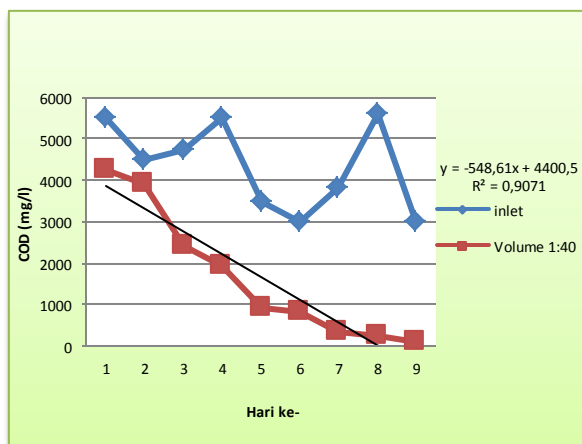


Gambar 4.2

Grafik Penyisihan COD Pada Bak Rasio Volume EM-4 dan Limbah Cair Tapioka 1:20 Reaktor Anaerob

4.1.3 Seeding-Aklimatisasi Reaktor Anaerob dari Bak Rasio Volume EM-4 dan Limbah Cair Tapioka 1:40

Reaktor anaerob di desain sama seperti reaktor anaerob R1 (dari bak kontrol) dan reaktor anaerob dari rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20 (R2) yang membedakan adalah volume limbah cair yang masuk ke pengolahan reaktor anaerob. Perbandingan volumenya adalah 40 liter limbah tapioka dan penambahan 1 liter EM-4 yang berfungsi sebagai starter. Perlakuan yang sama seperti bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20 bahwa sebelum EM-4 digunakan di aktifkan terlebih dahulu dengan didiamkan (fermentasi) selama 7 hari bertujuan untuk mengaktifkan mikroorganisme yang ada di dalam EM-4 agar tumbuh lebih banyak dan optimal (Thamrin, 2010 :149). Grafik penurunan COD pada bak rasio volume 1:40 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3

Grafik Penyisihan COD Pada Bak Rasio Volume EM-4 dan Limbah Cair Tapioka 1:40 Reaktor Anaerob

Dari segi pertumbuhan mikroorganisme, untuk melakukan reproduksi dan fungsi-fungsi lainnya mikroorganisme harus mempunyai sumber energi, karbon untuk sintesis sel baru, zat-zat anorganik sebagai nutrisi seperti nitrogen, pospor, sulfur, potasium, kalsium, dan magnesium. Nutrisi organik tersebut yang dibutuhkan untuk mensintesis sel baru (Tchobanoglous, 2003 dalam Suharno, 2012 : 97). Pada bak rasio volume 1:20 (R2) pertumbuhan mikroorganisme terlalu banyak dengan volume limbah yang tidak memenuhi karena akan terjadi persaingan antar mikroorganisme dalam membutuhkan nutrisi (zat organik) sehingga banyak mikroorganisme yang mati dan pengolahan menjadi tidak optimal. Hal itu dapat dilihat dari nilai efisiensi penyisihan COD pada perlakuan pertama (bak kontrol) dan perlakuan kedua (bak rasio volume 1:20) berturut-turut sebesar 44,4% dan 46,6%. Angka tersebut menyimpulkan bahwa masih ada pengaruh penambahan EM-4 di dalam bak rasio volume 1:20 namun tidak terlalu signifikan dari perlakuan pertama (bak kontrol). Pada bak rasio volume 1:40 terjadi penurunan kadar COD yang cukup baik dan stabil pada hari ke-7 sampai ke-9 hal ini menunjukkan adanya aktifitas mikroorganisme yang tumbuh semakin banyak dan mendegradasi senyawa organik yang ada di air limbah tersebut (Said, 2005 : 7). Pertumbuhan mikroorganisme yang mulai banyak tersebut berarti pengolahan sudah mulai optimal dan membentuk lapisan biofilm yang cukup tebal. Ketebalan lapisan biofilm menyebabkan difusi oksigen berkurang terhadap lapisan terdalam biofilm tersebut sehingga dapat menyebabkan terjadinya kondisi anaerobik pada lapisan permukaan media (Metcalf & Eddy, 1991 dalam Tresnawaty, 2001:16).

4.2 Percobaan Penelitian Dengan Variasi Waktu Tinggal 3 Jam, 4 Jam, dan 5 Jam.

Percobaan berdasarkan waktu tinggal ini dilakukan pada 3 perlakuan (yaitu bak kontrol, bak rasio volume 1:20, dan bak rasio volume 1:40) dengan masing-masing variasi waktu tinggal 3 jam, 4 jam, dan 5 jam dengan masing-masing debit 61 ml/menit, 46 ml/menit, 37 ml/menit. Variasi waktu tinggal tersebut bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan COD dan juga efisiensi penurunan COD dengan teknologi biofilm menggunakan media biofilter bambu susunan *honeycomb* dan penambahan EM-4. Pemilihan waktu tinggal 3 jam, 4 jam, dan 5 jam yaitu dengan pertimbangan aplikatif di lapangan dengan waktu tinggal yang cukup singkat maka tidak akan membutuhkan banyak lahan dan juga proses yang lama untuk melakukan pengolahan.

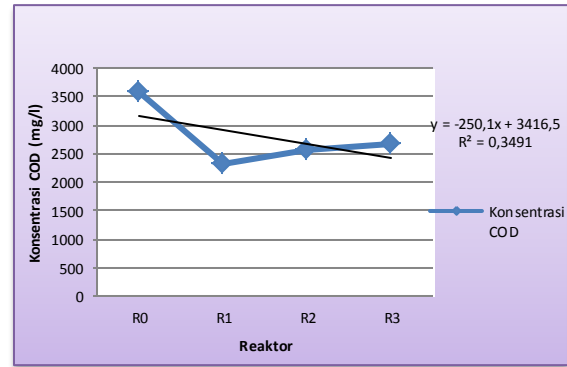
4.2.1 Penurunan COD Ketiga Perlakuan Variasi Waktu Tinggal 3 Jam

Perlakuan ini sama dengan proses aklimatisasi sebelumnya namun yang membedakan hanyalah pada waktu tinggal dan debit yang divariasikan. Pada tahap pelaksanaan percobaan ini variasi waktu tinggal adalah 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Debit yang dialirkan adalah untuk waktu tinggal 3 jam sebesar 61 ml/menit, waktu tinggal 4 jam sebesar 46 ml/menit, dan waktu tinggal 5 jam debit yang dialirkan sebesar 37 ml/menit.

Adapun penurunan kadar COD dengan waktu tinggal 3 jam pada ketiga perlakuan dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.

Gambar 4.4

Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada Waktu Tinggal 3 Jam



Keterangan :

R0 : Inlet

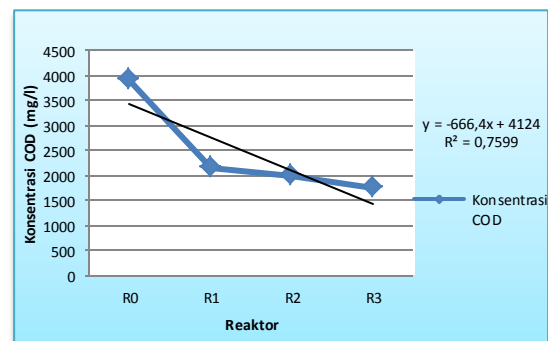
R1 : Outlet reaktor anaerob dari bak kontrol

R2 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20

R3 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40

4.2.2 Penurunan COD Ketiga Perlakuan Variasi Waktu Tinggal 4 Jam

Percobaan ini dilakukan dengan waktu tinggal 4 jam debit aliran 46 ml/menit pada ketiga perlakuan dengan pengolahan anaerob. Penurunan konsentrasi COD dengan waktu tinggal 4 jam dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5

Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada Waktu Tinggal 4 Jam

Keterangan :

R0 : Inlet

R1 : Outlet reaktor anaerob dari bak kontrol

R2 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20

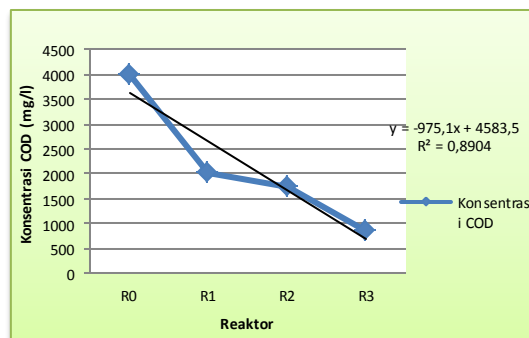
R3 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40

Gambar 4.5 menunjukkan nilai penurunan konsentrasi COD pada tiap-tiap reaktor yaitu dengan reaktor kontrol sebesar 2.166 mg/l, pada reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20 sebesar 2.000 mg/l, dan pada reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40 sebesar 1.750 mg/l.

Hasil tersebut disebabkan adanya pengaruh kinerja mikroorganisme yang ada di EM-4 yang mulai bersimbiosis dengan mikroorganisme yang terdapat di air limbah tapioka untuk mendegradasi zat organik dengan penambahan waktu tinggal 1 jam dari percobaan sebelumnya. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak antara air buangan dengan lapisan biomassa yang tumbuh di media akan semakin banyak zat organik yang terurai (Said, 2001 : 12).

4.2.3 Penurunan COD Ketiga Perlakuan Variasi Waktu Tinggal 5 Jam

Percobaan ini sama dengan percobaan sebelum-sebelumnya hanya saja yang membedakan adalah penambahan waktu tinggal 1 jam dari waktu tinggal sebelumnya dengan waktu tinggal 5 jam dengan debit 37 ml/menit. Hasil penurunan konsentrasi COD dengan waktu tinggal 5 jam dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6

Grafik Penurunan Konsentrasi COD Pada Waktu Tinggal 5 Jam

Keterangan :

R0 : Inlet

R1 : Outlet reaktor anaerob dari bak kontrol

R2 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20

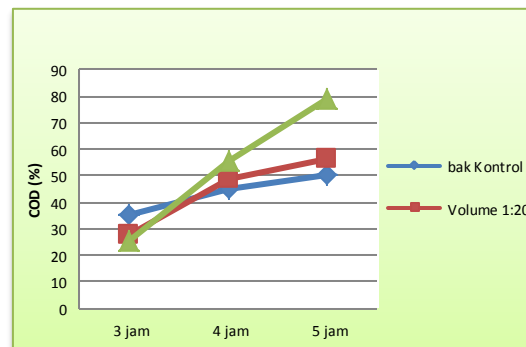
R3 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40

Pada percobaan dengan waktu tinggal 5 jam penurunan jauh lebih baik dari percobaan sebelumnya. Pada percobaan ini penurunan konsentrasi COD lebih dari 50% yaitu hingga 79% dengan konsentrasi 833 mg/l pada perlakuan ketiga yaitu pengolahan anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40. Tingginya persentase penurunan konsentrasi COD dapat diartikan mikroorganisme bekerja secara optimal (Jasmianti dkk, 2010 : 154), dalam hal ini mikroorganisme yang ada dalam EM-4 dapat bekerja dengan optimal untuk mendegradasi zat organik yang ada di dalam limbah cair tapioka. Pada bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40 penurunan konsentrasi COD sudah mencapai nilai sebesar 833 mg/l dengan persentase penurunan 79%. Hal ini menunjukkan adanya aktifitas dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang terdapat dalam EM-4 pada perlakuan kedua dan ketiga memfermentasikan bahan organik limbah cair tapioka menjadi asam laktat yang berfungsi untuk mempercepat perombakan bahan organik (Isa 2008 dalam Munawaroh, 2013 : 12). Selain itu adanya bantuan enzim protease yang dihasilkan oleh berbagai jenis mikroba yang terdapat pada EM-4 mulai dari bakteri, kapang dan khamir (Budiyanto, 2002 : 45). Enzim protease yang digunakan untuk pemecahan

protein menjadi amonia, nitrit, nitrat dan lain sebagainya (Fitria, 2008). Adanya pemecahan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara tidak langsung dapat menurunkan konsentrasi COD yang ada dalam air limbah (Avlenda 2009 dalam Munawaroh, 2013 : 13).

Selain mikroorganisme yang terdapat dalam EM-4 juga terdapat bakteri anaerob yang bekerja di dalam reaktor pengolahan anaerobik. Diantaranya adalah bakteri hidrolitik yang bersimbiosis dengan mikroorganisme di dalam EM-4 yaitu mikroorganisme yang menghasilkan enzim protease, selulose, dan lipase yang dapat memecah/ merombak (hidrolitik) molekul kompleks dengan dikatalisasi oleh enzim tersebut (Said, 2002 : 167). Mikroorganisme yang bekerja juga diantaranya bakteri asidogenik fermentatif (pembentuk asam) seperti *Clostridium* merubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam-asam organik (seperti asam asetat, propionat, format, laktat, butirat, atau suksinat) (Said, 2002 : 167) Mikroorganisme dapat bekerja optimal dengan penambahan mikroorganisme yang ada di dalam EM-4 yaitu *Lactobacillus sp* yang merupakan bakteri asam laktat yang berfungsi mempercepat perombakan bahan-bahan organik. Jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga berkurang, tetapi oleh karena di dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal (Said, 2010 : 3).

4.2.4 Efisiensi Konsentrasi COD Terhadap Variasi Waktu Tinggal



Gambar 4.7

Grafik Efisiensi Konsentrasi COD Terhadap Variasi Waktu Tinggal

Keterangan :

R0 : Inlet

R1 : Outlet reaktor anaerob dari bak kontrol

R2 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20

R3 : Outlet reaktor anaerob dari bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:40

Dapat diketahui bahwa waktu tinggal 3 jam hanya mampu menurunkan hingga 34,8 % untuk perlakuan pertama (limbah dari bak kontrol) sedangkan untuk limbah dari bak volume 1:20 dan 1:40 berturut-turut 27,9% dan 25,58%. Selanjutnya untuk percobaan kedua dengan waktu tinggal 4 jam dan debit 46 ml/menit mengalami kenaikan efisiensi dari masing-masing perlakuan (limbah dari bak kontrol, bak Volume 1:20, dan limbah dari bak volume 1:40) berturut-turut efisiensi mencapai 44,6%, 48,9%, dan 55,32%. Pada percobaan selanjutnya dengan waktu tinggal 5 jam debit aliran 37 ml/menit dapat menurunkan konsentrasi COD hingga mencapai 79% pada perlakuan ketiga (limbah dari bak volume 1:40) yang merupakan efisiensi tertinggi yang dihasilkan. Limbah dari bak kontrol dan bak volume 1:20 hanya mencapai 50% dan 56,25%.

Pengolahan dengan sistem anaerobik dilakukan pada kondisi tanpa kehadiran oksigen

atau dengan kondisi oksigen dapat diabaikan (Ginting, 2007 : 116). Dalam pengolahan secara anaerobik terjadi proses penguraian senyawa organik secara anaerobik secara garis besar dilakukan oleh bakteri-bakteri hidrolitik, asidogenik fermentatif, bakteri asetogenik, dan bakteri metanogen (Said, 2002 : 166). Meskipun beberapa jamur (fungi dan protozoa) dapat ditemukan dalam penguraian anaerobik, bakteri tetap merupakan mikroorganisme yang paling dominan bekerja dalam proses penguraian anaerobik. Sejumlah besar bakteri anaerobik dan fakultatif seperti ; *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, dan *Streptococcus* terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa organik (Said, 2002 : 167).

Bakter-bakteri tersebut yang akan bersimbiosis atau bekerja sama dengan bakteri-bakteri atau mikroorganisme yang ada pada EM-4. Mikroorganisme yang terdapat dalam EM-4 yang bersifat sama (anaerob) dengan mikroorganisme yang bekerja pada pengolahan anaerob akan bersimbiosis dalam perombakan senyawa organik yang ada di dalam limbah cair tapioka. EM-4 terdapat bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) Prinsip dari pembentukan asam laktat dengan proses fermentasi adalah pemecahan laktosa menjadi bentuk monosakaridanya dan dari monosakarida tersebut dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh *Lactobacillus sp.* akan diubah menjadi asam laktat (Budiyanto, 2002 : 45). Bakteri inilah yang berfungsi sebagai bakteri hidrolitik (memecah molekul organik kompleks).

Pengolahan anaerobik juga terdapat bakteri asidogenik fermentatif yang merubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam organik (seperti asam asetat, propionik,

formik, laktik, butirik, atau suksinik), alkohol dan keton (seperti etanol, metanol, gliserol, aseton), asetat, CO₂ dan H₂ (Said, 2002 : 167). Mikroorganisme yang ada pada EM-4 juga memiliki peran yang sama yaitu terdapat jamur fermentatif yang berfungsi menguraikan bahan secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester, dan zat-zat anti mikroba (Budiyanto, 2002 : 20). Oleh karena itu dengan adanya penambahan EM-4 dapat mempengaruhi pengolahan anaerobik karena terdapat simbiosis antara mikroorganisme yang bekerja di pengolahan anaerobik dan juga mikroorganisme yang terkandung dalam EM-4.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Efisiensi COD dengan teknologi biofilm menggunakan media biofilter potongan bambu susunan *honeycomb* dan penambahan EM-4 mencapai 79% yaitu pada waktu tinggal 5 jam dengan perlakuan ketiga (reaktor anaerob dari bak volume 1:40)
2. Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi COD adalah semakin lama waktu tinggal maka semakin besar penurunan konsentrasi COD karena proses pengolahan yang terjadi optimal dalam reaktor anaerob.
3. Konsentrasi COD dari outlet reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak volume 1:20 dan bak volume 1:40 dengan waktu tinggal 3 jam berturut-turut adalah 2.333mg/l, 2.583mg/l, 2.667mg/l.

Kemudian konsentrasi COD dari outlet reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak volume 1:20 dan bak volume 1:40 dengan waktu tinggal 4 jam berturut-turut adalah 2.167 mg/l, 2.000 mg/l, 1.750 mg/l. Konsentrasi COD dari outlet reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak rasio volume EM-4 dan limbah cair tapioka 1:20 dan 1:40 dengan waktu tinggal 5 jam berturut-turut adalah 2.000 mg/l, 1.750 mg/l, 833 mg/l.

4. Efisiensi reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak volume 1:20 dan bak volume 1:40 dengan waktu tinggal 3 jam berturut-turut 34,8%, 27,9%, 25,58%. Kemudian Efisiensi penurunan COD reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak volume 1:20 dan bak volume 1:40 dengan waktu tinggal 4 jam berturut-turut sebesar 44,66%, 48,9%, 55,32%. Selanjutnya yang terakhir pada saat waktu tinggal 5 jam Efisiensi penurunan COD reaktor anaerob dari bak kontrol (tanpa penambahan EM-4), bak volume 1:20 dan bak volume 1:40 50%, 56,25%, 79,1%.

Saran

1. Diperlukan pengolahan selanjutnya untuk menghasilkan output yang memenuhi baku mutu karena pada penelitian ini hasil maksimal masih kurang optimum.
2. Dibutuhkan desain reaktor yang cukup besar untuk menghasilkan

output yang maksimal dengan waktu tinggal yang singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Toha. 2007. *Metode Penelitian*. Universitas Terbuka : Jakarta
- Arikunto, Suhasimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. PT. Rineka Cipta : Jakarta
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2012. Jakarta
- Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. 2010. *Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. Semarang
- Contoh Media *Random* atau *Dumped Packing*, Media dengan Model *Honeycomb*. <http://www.kelair.bppt.go.id>.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. Jakarta
- Formasi Pembentukan Biofilm*. <http://www.esdstorm.com>
- Ginting, Perdana. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. YRama Widya : Bandung
- Hartono. 2008. *SPSS 16.0*. Pustaka Pelajar : Yogyakarta.
- Herlambang, dkk. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Industri. Pusat Pengkajian dan Penerapan teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material, dan Lingkungan, BPPT* : Jakarta Pusat
- Huang, Hui, dkk. 2013. *Aging Biofilm from a Full- Scale Moving Bed Biofilm Reactor Characterization and Enzymatic Treatment Study*.

- Idaman, Nusa dan Tresnawaty, Rina, 2000. *Penghilangan Amoniak di dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon*.
- Idaman, Nusa, dan Herlambang. 2010. *Penurunan Kadar Zat Organik dalam air Sungai dengan Biofilter Tercelup Struktur Sarang Tawon*. Jakarta
- Idaman, Nusa. 2005. *Penggunaan Media Serat Plastik Pada Proses Biofilter Tercelup untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Non Toilet*.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering*. MC Graw Hill : New York
- Mokmin. 2012. *Karakteristik Limbah Hasil Olahan Singkong dalam Proses Pembuatan Tepung Tapioka (Manihot Esculenta) di Sinar Karya Usaha*. Malang.
- Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 5 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 10 Tahun. 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2012
- Prayitno, Teguh Herman. 2008. *Pemisahan Padatan Tersuspensi Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi Membran Sebagai Upaya Pemanfaatan dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Semarang.
- Suharjito. 2005. *Efektifitas Pemberian effective Microorganism Terhadap Penurunan BOD Pada Limbah Cair Industri Tahu di Desa Menguneng Kecamatan Warungasem Kabupaten Batang*.
- Suharno, Asmadi. 2012. *Dasar-dasar teknologi Pengolahan Air Limbah*. Gosyen Publishing : Yogyakarta.
- Sumestri, Sri, dan Alaerts. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional : Surabaya
- Tchobanoglous, George,; Burton, F.L.; Stensel, H.D. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. 4th edition. Mc Graw – Hill. New York. USA
- Thamrin, dkk. 2012. *Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM-4)*. Riau.
- Wahyono, Teguh. 2012. *Analisis Statistik Mudah dengan SPSS 20*. PT Elex Media Komputindo : Jakarta

